

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 beziehungsweise des Anspruchs 14.

[0002] Bei bekannten Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten, wie beispielsweise Werkstücken, werden die Objekte auf einem Messtisch positioniert, an dem eine Vorrichtung mit einem Messelement zum Abtasten der äußeren Konturen der Objekte beweglich angeordnet ist, wobei die Position des Messelementes über lineare dreidimensionale Messweggeber in x-, y- und z-Richtung bestimmt werden kann. Der Messtisch ist in der Regel ein geschliffener, massiver Marmorblock, der meist ortsfest installiert ist.

[0003] Das Messelement besteht beispielsweise aus einer Antast-Messkugel, die mechanisch mit einem Kraftsensor verbunden ist, um einen fortwährenden Kontakt mit dem Objekt zu gewährleisten. Beim Abtasten wird die Messkugel mit dem Objekt in Kontakt gebracht und entlang des Objektes bewegt. Ein Rechner ermittelt aus der Bewegung der Messkugel entlang des Objektes mittels der linearen Messweggeber, die zu dem Messtisch eine exakt festgelegte Position haben, die äußeren Abmessungen des dreidimensionalen Objektes. Zur Messung von Innenabmessungen werden andere Vorrichtungen mit pneumatischen Messdornen verwendet, die auch in Öffnungen des Werkstücks hinein positioniert werden können.

[0004] Derartige Vorrichtungen zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten werden sehr selten direkt in Produktionshallen eingesetzt, da beispielsweise dort verwendetes Wasser oder Öl, anfallende Späne, auftretende Vibrationen und elektrische Störungen zu Messungenauigkeiten führen können. Ein zusätzlicher Nachteil ist die relativ niedrige Messgeschwindigkeit wegen der linearen Messweggeber und der große Platzbedarf wegen der massiven Marmor-Messtische.

[0005] In der Industrie werden deswegen oft spezielle Messvorrichtungen verwendet, die nur für eine Messaufgabe, wie beispielsweise für eine Durchmessermessung eines Kolbens, optimiert sind. Dabei werden als Messelemente neben Antastkugeln auch elektrisch-pneumatische Wandler, Kapazitivsensoren und Induktivtaster eingesetzt. Die Werkstücke werden in die Messvorrichtung mit einem Handhabungssystem gebracht, das sehr komplex aufgebaut sein kann. Ferner wird zum Entfernen der Werkstücke aus der Messvorrichtung, beispielsweise für die Klassierung in verwendbare und nicht verwendbare oder nachzuarbeitende Werkstücke, wiederum ein Handhabungssystem benötigt.

[0006] Für große, zu vermessende Objekte, wie Autokarosserien, sind Messelemente zum Abtasten des Objektes beispielsweise an einem Kran oder Stativ vorgesehen. Der Kran oder das Stativ und das zu

vermessende Objekt sind relativ zueinander bewegbar, um das Objekt abschnittsweise mit den am Kran oder Stativ angeordneten Messelementen abzutasten. Nachteilig ist dabei, dass es aufgrund der Abmessungen des Stativs oder der Reichweite des Krans eine Beschränkung hinsichtlich der Größe der ausmessbaren Objekte gibt. Zudem ist das Stativ oder der Kran zumeist ortsfest installiert und kann daher schlecht zur Vermessung von Objekten an einen anderen Ort transportiert werden.

[0007] Die Vermessung von größeren Objekten und Räumen erfordert daher sehr oft einen hohen Aufwand. Da die Vermessung von großen Objekten in der Regel punktuell ist, wird die tatsächliche Form der Objekte aus Kostengründen durch Messung weniger Punkte und Inter- bzw. Extrapolieren ermittelt. Dies kann zu erheblichen Ungenauigkeiten der Messdaten führen.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten anzugeben, mit denen die oben genannten Nachteile zumindest weitestgehend beseitigt werden.

[0009] Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche.

[0010] Die Aufgabe wird insbesondere dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten, bei dem ein Messelement im Raum relativ zu einem auszumessenden Objekt, insbesondere entlang dessen Oberfläche, bewegt, die Positionen des Messelementes relativ zu einem insbesondere festen Bezugssystem festgestellt und die Maße des untersuchten Objektes aus den festgestellten Positionen des Messelementes ermittelt werden, die Positionen des Messelementes durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf ein durch das zugehörige Ortungssystem festgelegtes Bezugssystem bestimmt und aus den festgestellten Positionen des Messelementes gewünschte Maße des Objektes berechnet werden.

[0011] Erfindungsgemäß werden also nicht wie bisher lineare Messweggeber verwendet, um die Position des Messelementes während der Messung zu bestimmen, sondern ein Ortungsverfahren, mit dem die Position des Messelementes sehr genau erfasst werden kann. Durch Verwendung eines Ortungsverfahrens zur Bestimmung der Position des Messelementes ist das Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung auch weniger störanfällig bezüglich Schwingungen. Es ist daher nicht nötig, einen massiven, ortsfesten Messtisch zu verwenden und das erfindungsgemäße Verfahren kann auch in industrieller Umgebung, das heißt direkt an der Produktionsstätte eingesetzt werden.

[0012] Zudem ist das Verfahren und die Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten nicht auf eine maximale Größe der zu vermessenden Objekte beschränkt, da mit Hilfe des Ortungsverfahrens ein großer räumlicher Bereich vermessen werden kann. Ferner kann die Vorrichtung zur dreidimen-

sionalen Vermessung von Objekten relativ einfach transportiert und daher für eine Vermessung von Objekten an unterschiedlichen Orten eingesetzt werden. Vor allem wird ein schnelles und präzises Vermessen im dreidimensionalen Raum ermöglicht, da die Bewegung des Messelements durch das Ortungsverfahren nicht wie bei linearen Messweggebern eingeschränkt ist.

[0013] Zur Ortung des Messelementes kann mindestens ein physikalisches Feld, insbesondere ein akustisches, optisches und/oder elektromagnetisches Feld, aufgebaut werden. Dies erfolgt insbesondere durch mehrere, um die Messstelle herum positionierte Geber als Feldquellen des physikalischen Feldes, beispielsweise Quellen für sichtbares und/oder unsichtbares Licht, deren Positionen das Bezugssystem für das Ortungsverfahren festlegen. Aus der Ausbreitungsgeschwindigkeit des physikalischen Feldes kann die Entfernung zwischen den Gebern des physikalischen Feldes und dem Messelement aus der Signallaufzeit sehr genau bestimmt werden. Je mehr Geber im Raum verteilt eingesetzt werden, desto genauer kann die Position des Messelementes bestimmt werden. Dies ermöglicht die Vermessung dreidimensionaler Objekte mit einer Genauigkeit von bis zu etwa $\pm 1 \mu\text{m}$.

[0014] In einer Ausführungsform kann zur Ortung des Messelementes ein unidirektionales Ortungssystem, insbesondere nach Art des Global Positioning Systems, GPS, verwendet werden. Infolgedessen handelt es sich um ein Verfahren, bei dem mittels der Laufzeit der Signale zwischen den Gebern und entsprechenden Sensoren an oder bei dem Messelement eine Einweg-Entfernungsmessung durchgeführt wird. Dadurch wird der Messfehler klein gehalten und zudem die Berechnung der Maße des Objektes aus den festgestellten Positionen des Messelements beschleunigt.

[0015] Ferner kann das Messelement das Objekt mechanisch oder berührungslos abtasten. Ersteres kann beispielsweise mit Hilfe einer Antastkugel erfolgen, die entlang der Oberfläche des zu vermessenden Objektes gerollt wird. Das Abtasten kann aber auch berührungslos, beispielsweise induktiv, kapazitiv oder mit einem pneumatischen Dorn erfolgen, so dass auch empfindliche Oberflächen vermessen werden können. Die ermittelte Position des Messelementes wird dann mit dem induktiv, kapazitiv oder pneumatisch ermittelten Abstand des Messelementes von der Oberfläche korrigiert, um die Position des Messpunktes auf der Oberfläche zu bestimmen. Die Abtastung erfolgt entweder kontinuierlich oder an einzelnen Abtastpunkten, wobei bei jeder Abtastung die aktuelle Position der Messelemente ermittelt und als Messwert gespeichert wird.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Messelement von einem Roboterarm bewegt werden. Dabei kann das Messelement fest an dem Roboterarm installiert sein, es kann aber auch lösbar am Roboterarm befestigbar sein, insbesondere von

einem Greifer des Roboterarms bei Bedarf aufgenommen werden. So kann zur Vermessung der dreidimensionalen Objekte ein üblicher Industrieroboter verwendet und mit Geben eines physikalischen Feldes und einem Messrechner zur Bestimmung der Maße des dreidimensionalen Objektes aus den über das Ortungssystem ermittelten Positionen des Messelementes kombiniert werden. Wegen des Einsatzes eines Ortungssystems zur Ermittlung der Position des Messelementes und damit auch des Roboterarms muß die Genauigkeit der Winkelkodierer des Roboters nicht besonders hoch sein, da auch der Roboter anhand der ermittelten Positionen sehr genau gesteuert werden kann. Aus diesem Grund sind zur Steuerung des Roboters auch keine linearen x-y-z-Messweggeber erforderlich. Zudem können aufgrund der Verwendung eines Roboters zum Bewegen des Messelementes im Vergleich zur bisherigen Technik mehr Freiheitsgrade der Bewegung des Messelementes realisiert werden. Beispielsweise können auch Bohrungen ausgemessen werden.

[0017] Außerdem kann der Roboterarm vorteilhafterweise zugleich zum Bewegen des Objektes, insbesondere zum Be- und/oder Entladen der Messvorrichtung eingesetzt werden. Beispielsweise bei der Vermessung von Werkstücken wird damit ein zusätzliches System zum Positionieren und Klassieren der Werkstücke überflüssig.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform kann das Messelement mit einem Flugobjekt bewegt werden. Das Flugobjekt wird dabei per Kabel oder per Fernsteuerung manövriert, beispielsweise kann es sich um einen Modellhubschrauber handeln. Dies ermöglicht die Vermessung auch von großen Objekten, wobei nicht nur die äußere Oberfläche von Gegenständen, wie Autokarosserien, sondern beispielsweise auch die innere Oberfläche von Räumen vermessen werden kann.

[0019] Des weiteren können auswechselbare Messelemente verwendet werden. Dies ermöglicht den wahlweisen oder aufeinander folgenden Einsatz verschiedener Abtastverfahren, beispielsweise mit mechanischen oder induktiven Abtastelementen. Außerdem kann, wenn das Messelement mit einem Roboterarm bewegt wird, ein zu vermessendes Objekt zunächst von einem Greifer des Roboterarms positioniert und anschließend mit einem von demselben oder einem zweiten Greifer aufgenommenen auswechselbaren Messelement vermessen werden.

[0020] Das Ortungssystem kann ferner über die Geber und Sensoren durch Selbstkalibrierung kalibriert werden. Dies ermöglicht eine in kurzen Zeitabständen durchgeführte Neukalibrierung des Systems, für die die Messung nur kurzzeitig unterbrochen werden muss.

[0021] Das Messelement kann außerdem drahtlos, insbesondere induktiv oder mittels eines Akkumulators, mit Energie versorgt werden. Zudem können die Messdaten des Messelementes drahtlos, insbesondere induktiv oder per Funk, übertragen werden. In

beiden Fällen wird das Auswechseln eines Messelementes vereinfacht und die Vermessung mit verschiedenen Messelementen beschleunigt.

[0022] Das Objekt kann zum Vermessen auf einer Nullposition positioniert werden. Dies vereinfacht die Messung, da der Ort des Messobjektes nicht erst ermittelt werden muss.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform kann das zu vermessende Objekt nach einem Raster, insbesondere einem asymmetrischen Raster, ausgemessen werden. Durch Vorsehen von weniger Rasterpunkten in bestimmten, weniger genau auszumessenden Bereichen kann die Vermessung des Objektes beschleunigt werden.

[0024] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in der nachfolgenden Figurenbeschreibung, den Zeichnungen und den Unteransprüchen angegeben.

[0025] Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

[0026] **Fig. 1** eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in schematischer Darstellung;

[0027] **Fig. 2** eine perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ebenfalls in schematischer Darstellung.

Erste Ausführungsform

[0028] Die erste, in **Fig. 1** gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst einen Messtisch **10**, einen Roboter **12**, ein Messelement **14**, eine Ablage **15** für verschiedene Messelemente, eine Mehrzahl von Gebern **16** und einen Mess- und Steuerrechner **18**. Zur Verdeutlichung eines in der Produktion einsetzbaren Messablaufs sind in **Fig. 1** auch ein Zuführband **20** und zwei Abföhrbänder **22** und **23** für zu vermessende, respektive bereits gemessene Werkstücke **24** dargestellt.

[0029] Die Geber **16** sind im Raum und auf dem Messtisch derart angeordnet, dass sie um das Werkstück **24** herum verteilt sind. Es handelt sich bei den Gebern **16** beispielsweise um Sender für ein Funksignal, insbesondere GPS-Signal.

[0030] Der Roboter **12** ist am Messtisch **10** angeordnet und weist einen Greifarm **26** auf, dessen freies Ende das Messelement **14** hält. Bei dem Roboter handelt es sich vom Grundaufbau her um einen üblichen Industrieroboter, der mit dem Greifarm **26** nicht nur das Messelement **14** von der Ablage **15** aufnimmt, sondern auch vor dem Messen das jeweilige zu vermessende Werkstück **24** vom Zuföhrband **20** aufnimmt und auf dem Messtisch **10** positioniert und nach dem Messen das vermessene Werkstück **24** auf dem Abföhrband **22** oder **23** ablegt, je nachdem, ob das Werkstück in Ordnung ist oder Ausschuss darstellt.

[0031] Der Greifarm **26** weist an seinem freien Ende einen Greifer **30**, mit dem das Messelement **14** auf-

genommen wird, einen hier nicht dargestellten Sensor für das von den Gebern **16** erzeugte elektromagnetische Feld sowie ein ebenfalls nicht dargestelltes Funkelement auf, das die vom Sensor empfangenen Signale der Geber **16** an ein Sende- und Empfangsmodul **28** des Mess- und Steuerrechners **18** überträgt.

[0032] Das Messelement **14** umfasst beispielsweise einen nicht dargestellten Induktivtaster zum Abtasten der Oberfläche des Werkstückes **24** und ein ebenfalls nicht dargestelltes Funkelement für die Kommunikation mit dem Steuer- und Messrechner **18**. Alternativ können die Daten des Messelementes **14** induktiv an einen Empfänger im Greifarm **26** und von diesem über elektrische Leitungen an den Mess- und Steuerrechner **18** übertragen werden. Zudem wird das Messelement **14** mittels einer nicht dargestellten Induktivkopplung über den Greifarm **26** mit Energie versorgt. Durch diese Ausgestaltung ist das Messelement **14** auswechselbar ausgebildet und kann durch den Greifarm **26** des Roboters **12** von der Ablage **15** aufgenommen und sofort funktionstüchtig eingesetzt werden.

[0033] Der Mess- und Steuerrechner **18** ist – wie oben erwähnt – mit einem Sende- und Empfangsmodul **28** ausgestattet. Dieses Sende- und Empfangsmodul **28** empfängt nicht nur die Signale der Geber **16**, sondern funkt auch Steuersignale an die Geber **16**, den Roboter **12** und an das Messelement **14**. Zusätzlich kann das Sende- und Empfangsmodul **28** die Messdaten des Messelementes **14** und des Sensors am Greifarm **26** empfangen.

[0034] Um die Vermessung durchzuführen, wird das erste zu vermessende Werkstück **24** auf dem Zuföhrband vom Greifarm **26** des Roboters **12** ergriffen und auf dem Messtisch **10** positioniert. Dort wird das Werkstück **24** fixiert, beispielsweise von Elektromagneten am Tisch angezogen. Anschließend nimmt der Greifarm **26** das Messelement **14** von der Ablage **15** auf und tastet mit dem Messelement **14** das Werkstück **24** ab. Bei jeder Abtastung werden die vom Sensor am Greifarm **26** empfangenen Signale des von den Gebern **16** erzeugten elektromagnetischen Feldes von dem am Greifer vorhandenen Funkelementen an den Mess- und Steuerrechner **18** übermittelt.

[0035] Der Mess- und Steuerrechner **18** bestimmt anhand der Signale des Sensors die Laufzeiten der Signale des elektromagnetischen Feldes zwischen den Gebern **16** und dem Sensor. Die gesuchten Entfernungen zwischen den Gebern **16** und dem Sensor ergeben sich aus dem Produkt der Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Feldes, die bekannt ist, und der Laufzeit des jeweiligen Signals. Ferner ermittelt der Mess- und Steuerrechner **18** aus den berechneten Entfernungen die aktuelle Position des Sensors und damit des Messelementes **14**, während dieses das Werkstück **24** abtastet, und ordnet diese Daten der jeweiligen Messung zu. Die Maße des Werkstückes **24** werden aus den ermittelten Posi-

tionen des Messelementes **14** und bei berührungsloser Abtastung dem Abstand des Messelementes **14** vom Werkstück **24** bestimmt.

[0036] Auf diese Weise können die Maße des Werkstücks sehr genau ermittelt werden, ohne dass eine weitere Einrichtung zur dreidimensionalen Vermessung eingesetzt werden muss. Durch die Verwendung eines herkömmlichen Messelementes **14** mit einem im Grundaufbau üblichen Industrieroboter **12** entfällt der Aufwand für eine Konstruktion spezieller Messvorrichtungen. Dies ermöglicht zudem, dass der Roboter **12** nicht nur für das Messen, sondern auch für das Positionieren der Werkstücke **24** verwendet werden kann. Diese Mehrfachnutzung des Roboters **12** wird durch die auswechselbare Ausführung der Messelemente **14** unterstützt.

[0037] Die Anwendung des beschriebenen Ortungssystems bei der dreidimensionalen Vermessung der Werkstücke **24** ermöglicht zudem eine hochgenaue Steuerung des Greifarms **26** und Bestimmung der Werkstückmaße unter Verwendung der ermittelten Positionen des Sensors, ohne dass die klassischen linearen X-Y-Z-Messweggeber herkömmlicher 3D-Messvorrichtungen eingesetzt werden müssen. Außerdem ist für die hochgenaue Ermittlung der dreidimensionalen Kontur der Werkstücke **24** auch kein Stabilisierungs-Marmorblock als Messtisch nötig. Gleichzeitig wird wegen der Verwendung des Ortungsverfahrens zur Positionsbestimmung eine Vermessung dreidimensionaler Objekte mit einer Genauigkeit von bis zu $\pm 1 \mu\text{m}$ ermöglicht.

Zweite Ausführungsform

[0038] In **Fig. 2** ist eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten dargestellt. Bestandteile dieser Vorrichtung, die mit Bestandteilen der ersten Ausführungsform übereinstimmen, sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0039] Die zweite Ausführungsform umfasst ein in Art eines Zeppelins ausgebildetes Flugobjekt **50**, im folgenden Zeppelin genannt, ein Messelement **52** auf einem Träger **53**, Geber **16** und einen Mess- und Steuerrechner **18**.

[0040] Der Zeppelin **50** besitzt Auftriebs- und Steuermotoren **54**, um den Zeppelin **50** im Raum um ein zu vermessendes Objekt **56** – in der Figur als ein Schrank dargestellt – zu bewegen. Die Auftriebs- und Steuermotoren **54** werden über Steuersignale, die vom Sende- und Empfangsmodul **28** des Mess- und Steuerrechners an eine Antenne **58** des Zeppelins ausgesandt werden, gesteuert. Auf der Vorderseite des Zeppelins **50** ist das Messelement **52** vorgesehen. Die Messdaten des Messelementes **52** können über die Antenne **58** an das Sende- und Empfangsmodul **28** des Mess- und Steuerrechners **18** übertragen werden.

[0041] Der Zeppelin **50** trägt ferner mindestens einen in **Fig. 2** nicht dargestellten Sensor zum Empfan-

gen der Signale des von den Gebern **16** erzeugten elektromagnetischen Feldes, insbesondere GPS-Signale. Die Sensoren haben dabei eine definierte Lage auf oder im Zeppelin bezüglich des Messelementes **52**, die bei einem länglichen Träger **53** des Messelementes **52** mittels einer Berechnung der räumlichen Orientierung des Trägers **53** relativ zu den Sensoren bestimmt werden kann.

[0042] Die Energieversorgung des Zeppelins **50** wird über in **Fig. 1** nicht dargestellte Hochenergieakkumulatoren gesichert, es kann aber auch ein Kabel für die Energieversorgung vorgesehen sein.

[0043] Das Messelement **52** ist als Antastkugel ausgebildet, die am freien Ende des am Zeppelin angebrachten Trägers **53** angeordnet ist. Zur schnellen Aufnahme eines Messwegs in Form einer Mantellinie des Schrankes **56** kann ein Induktivtaster als der Träger **53** vorgesehen sein. So wird der mechanische Kontakt mit dem Objekt gesichert und die Reibung zwischen der Abtastkugel und dem Objekt verkleinert.

[0044] Im Betrieb wird der Zeppelin **50** vom Mess- und Steuerrechner **18** per Funk gesteuert derart im Raum um den zu vermessenden Schrank **56** bewegt, dass die Antastkugel des Messelements **52** mit der Oberfläche des zu vermessenden Schrankes **56** in Kontakt kommt. Um größere Objekte schnell und genau abtasten zu können, ist der Raum in ein im Mess- und Steuerrechner gespeichertes Raster eingeteilt. Das Raster kann asymmetrisch sein, um an bestimmten Stellen des Raumes eine große Anzahl von Punkten mit dem Zeppelin **50** ansteuern beziehungsweise mit dem Messelement **52** abtasten zu können.

[0045] Nachdem das Messelement **52** in Kontakt mit dem Schrank **56** gekommen ist, wird der Zeppelin **50**, während die Antastkugel des Messelements **52** mit der Oberfläche des Schrankes **56** weiter in Kontakt steht, entlang des Schrankes bewegt, um gewünschte Maße des Schrankes **56** zu ermitteln. Zu diesem Zweck wird, wie in der ersten Ausführungsform, eine Entfernungsmessung zwischen den Gebern **16** und den Sensoren ausgeführt und aus den ermittelten Entfernungswerten die Position des Zeppelins und damit die Position des Messelementes **52** bestimmt. Die von den Sensoren empfangenen Signale der Geber **16** werden dazu per Funk über die Antenne **58** an den Mess- und Steuerrechner **18** übermittelt. Gleichzeitig überprüft der Mess- und Steuerrechner **18**, ob die Antastkugel in Kontakt mit dem Schrank steht. Die zu bestimmenden Maße des Schrankes **56** werden aus den ermittelten Positionen des Messelementes **52** und bei berührungsloser Messung dem Abstand des Messelementes **52** von der Oberfläche berechnet.

[0046] Die zweite Ausführungsform, ist also eine Art fliegende Sonde zur dreidimensionalen Vermessung und ermöglicht wegen der großen Reichweite des Zeppelins **50** nicht nur die dreidimensionale Vermessung großer Objekte, sondern auch die Vermessung von Innenräumen.

[0047] Dazu können auch Lichtquellen oder Schallquellen, beispielsweise Ultraschallquellen, alleine oder miteinander kombiniert eingesetzt werden. Die Sensoren auf dem Zeppelin **50** können dann optische beziehungsweise akustische Interferometer umfassen, die Phasenverschiebungen bestimmen, mit denen die Positionen des Messelementes und damit die Maße großer Objekte oder die Maße von Innenräumen noch genauer bestimmt werden können.

[0048] Die Sensoren für das Feld können nicht nur am Greifer oder auf dem Flugobjekt angeordnet sein, sondern alternativ oder zusätzlich am oder im Messelement, falls dort genügend Platz vorhanden ist, oder auch an einem Träger des Messelementes. Zudem können interne, feldunabhängige Sensoren vorgesehen sein, um die Orientierung der Messelemente im Raum, insbesondere relativ zum Greifer, festzustellen.

[0049] Das erfindungsgemäße Messsystem kann vorteilhafterweise auch unter Wasser eingesetzt werden, beispielsweise in Atomkraftwerken.

Bezugszeichenliste

10	Messtisch
12	Roboter
14	Messelement
15	Messelementeablage
16	Geber
18	Mess- und Steuerrechner
20	Zuführbahn
22, 23	Abführbahn
24	Werkstück
26	Greifarm
28	Sende- und Empfangsmodul
30	Greifer
50	Zeppelin
52	Messelement
53	Träger
54	Auftrieb- und Steuermotor
56	Objekt
58	Antenne

Patentansprüche

1. Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten, bei welchem ein Messelement (**14; 52**) im Raum relativ zu einem auszumessenden Objekt, insbesondere entlang dessen Oberfläche, bewegt, die Positionen des Messelementes (**14; 52**) relativ zu einem insbesondere festen Bezugssystem festgestellt und die Maße des untersuchten Objektes (**24; 56**) aus den festgestellten Positionen des Messelementes (**14; 52**) ermittelt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionen des Messelementes (**14; 52**) durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf ein durch das zugehörige Ortungssystem (**16**) festgelegtes Bezugssystem bestimmt und aus den so festgestellten Positionen des Messelementes (**14; 52**) gewünschte Maße des Objektes (**24; 56**) berechnet

werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ortung des Messelementes (**14; 52**) mindestens ein physikalisches Feld, insbesondere ein akustisches, optisches und/oder ein elektromagnetisches Feld, aufgebaut wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ortung des Messelementes (**14; 52**) ein unidirektionales Ortungssystem (**16**), insbesondere nach Art des so genannten Global Positioning Systems, GPS, verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) das Objekt (**24; 56**) mechanisch oder berührungslos abtastet.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) von einem Roboterarm (**26**) bewegt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Roboterarm (**26**) zugleich zum Bewegen des Objektes, insbesondere zum Be- und/oder Entladen der Messvorrichtung eingesetzt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) mit einem Flugobjekt (**50**) bewegt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein auswechselbares Messelement (**14; 52**) verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ortungssystem (**16**) durch Selbstkalibrierung kalibriert wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) drahtlos, insbesondere induktiv oder mittels eines Akkumulators, mit Energie versorgt wird.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messdaten des Messelementes (**14; 52**) drahtlos, insbesondere induktiv oder per Funk, übertragen werden.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt (**24; 56**) zum Vermessen auf einer Nullposition positioniert wird.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zu vermessende Objekt (**24; 56**) nach einem Raster, insbesondere einem asymmetrischen Raster, ausgemessen wird.

14. Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten mit einem im Raum relativ zu einem auszumessenden Objekt, insbesondere entlang dessen Oberfläche, beweglichen Messelement (**14; 52**), Mitteln zur Feststellung der Position des Messelementes (**14; 52**) an den Messorten relativ zu einem insbesondere festen Bezugssystem und Mitteln zur Ermittlung der Maße des Objektes (**24; 56**) aus den festgestellten Positionen des Messelementes (**14; 52**), dadurch gekennzeichnet, dass ein Ortungssystem (**16**) zur Bestimmung der Position des Messelementes (**14; 52**) in Bezug auf das durch das Ortungssystem (**16**) festgelegte Bezugssystem und Mittel (**18**) zur Berechnung von Objektmaßen aus den so festgestellten Positionen vorgesehen sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Ortungssystem (**16**) mindestens ein Mittel (**16**) zum Aufbauen eines physikalischen Feldes, insbesondere eines akustischen, optischen und/oder elektromagnetischen Feldes, aufweist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Ortungssystem (**16**) als ein unidirektionales Ortungssystem (**16**), insbesondere nach Art des so genannten Global Positioning Systems, GPS, ausgebildet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) als mechanisches oder berührungsloses Abtastelement ausgebildet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17; dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) an einem Roboterarm (**26**) angeordnet ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Roboterarm (**26**) ein Greifelement (**30**) zum Ergreifen des Messelementes (**14; 52**) und/oder des Objektes (**24; 56**) aufweist und zum Bewegen des Messelementes (**14; 52**) zwischen Aufnahme- und Ablagepositionen sowie der Messposition ausgebildet ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) an einem Flugobjekt (**50**) angeordnet ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (**14; 52**) auswechselbar ausgebildet ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Selbstkalibrierung des Ortungssystems vorgesehen sind.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (**28**) zur drahtlosen Energieversorgung des Messelementes (**14; 52**) vorgesehen sind, insbesondere Mittel zur induktiven Energieversorgung oder ein Akkumulator.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur drahtlosen Übertragung der Messdaten vorgesehen sind, insbesondere Mittel zur induktiven Übertragung oder zur Übertragung per Funk.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass eine Nullposition für das auszumessende Objekt (**24; 56**) vorgesehen ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

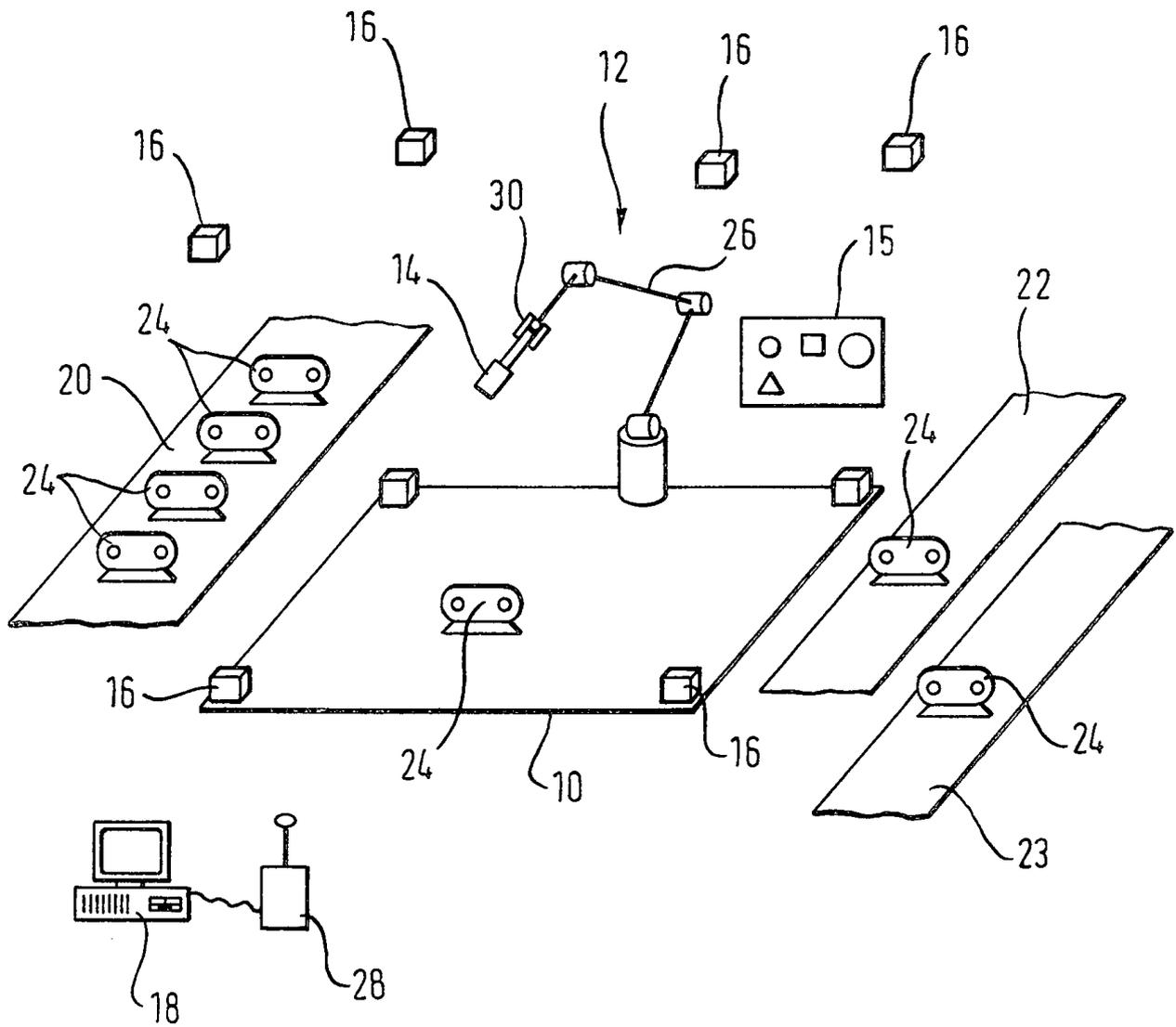


Fig. 2

